

Dispositif de redressement synchrone et machine électrique synchrone mettant en œuvre le dispositif.

5 L'invention concerne un dispositif de redressement synchrone du type pont en H alimentant une machine électrique synchrone.

L'invention concerne aussi une machine électrique synchrone polyphasée prévue pour travailler en mode moteur et en mode générateur, par exemple un alterno -
10 démarreur de véhicule automobile.

Une machine électrique synchrone polyphasée, par exemple un moteur à reluctance variable, comporte (voir en figure 1) un rotor 1, un aimant permanent ou équivalent, solidaire d'un axe 2 contrôlé en rotation angulaire, et un stator 3 ayant une pluralité de pôles saillants 4 opposés deux à deux et correspondant aux phases de la machine.
15 La structure ferromagnétique du stator comporte des bobines 5 alimentées en courant électrique pour induire un champ magnétique orientant le rotor.

L'alimentation en courant électrique des bobines, généralement une batterie 20, dont la sortie est filtrée par un filtre 30 délimité par une ligne fermée discontinue comportant une self 350 et un condensateur 360, est contrôlée séparément dans
20 chaque bobine grâce à un dispositif de redressement synchrone comportant un pont en H 10 situé entre la batterie et la masse de façon à créer un champ tournant entraînant le rotor à la même vitesse dite de synchronisme.

25 Le pont en H 10 délimité par une ligne fermée discontinue comporte deux liaisons électriques parallèles 11 et 12 formant les branches verticales d'un H, chaque liaison 11, 12 comportant deux interrupteurs électroniques 21, 31 et 22, 32, séparés par un point milieu 13 ou 14, les points milieux 13 et 14 de ces liaisons étant reliés entre eux par la bobine 5 d'une phase de la machine.

30 Dans une forme de réalisation courante du pont en H, généralement retenue en raison de sa simplicité, les interrupteurs peuvent être des transistors 23, 34, et des diodes 33, 24, comme dans l'exemple de la figure 1, les diodes et les transistors étant situés en diagonale.

35 Les transistors 23 et 34 sont commandés par un circuit électronique 40 pour autoriser le passage du courant dans la bobine 5 tandis que les diodes 33 et 24 agissent en interrupteurs spontanés et permettent d'absorber l'énergie emmagasinée dans ladite

bobine. Ce type de fonctionnement est dit asynchrone.

5 Mais les diodes, qui présentent des courants de fuite importants, entraînent une perte d'énergie non négligeable, même à l'arrêt, et le rendement global de la machine peut s'en trouver limité jusqu'à 85%.

10 De plus, les interrupteurs sont préalablement déterminés pour être toujours commandés ou être toujours « spontanés », et les pertes d'énergie dans le pont en H s'en trouvent déséquilibrées, ce qui nuit à la fiabilité de la machine.

15 Un alterno-démarreur est par exemple constitué d'une machine synchrone à réluctance variable comportant un pont en H et pouvant travailler en modes générateur et moteur, selon les commandes synchrones et asynchrones qui sont successivement imposées aux interrupteurs 21, 22, 31, 32.

20 Commandé en générateur, il transforme une partie de l'énergie mécanique disponible sur l'arbre moteur en énergie électrique pour alimenter l'installation électrique du véhicule et recharger la batterie à travers les diodes, donc en mode asynchrone.

25 Commandé en moteur, il transforme l'énergie électrique disponible sur la batterie, en énergie mécanique soit pour démarrer le moteur thermique du véhicule, auquel cas il assure la fonction démarreur, soit pour l'aider à froid, soit pour exécuter la fonction dite « stop and go » d'arrêts et de redémarrages fréquents, en ville notamment.

30 Dans ce dernier cas, ce sont surtout les transistors, commandés en mode synchrone, qui transmettent l'énergie de la batterie aux bobines du stator, occasionnellement, et sur de courtes durées.

35 Cette machine synchrone doit être très fiable.

Pour améliorer le rendement énergétique global et la fiabilité de la machine ci-dessus, on peut chercher à perfectionner les ponts en H en dissociant les circuits qui assurent la puissance en mode moteur de ceux qui assurent celle en mode générateur. En effet, puisqu'ils ne fonctionnent pas simultanément, on peut les séparer et les perfectionner dans leurs fonctions essentielles de façon spécifique. Mais cette

solution serait coûteuse.

La demanderesse a choisi une voie différente plus économique et propose une machine du type ci-dessus capable d'assurer les fonctionnements en modes moteur et
5 générateur par les mêmes ponts en H tout en y évitant les pertes d'énergie dues aux courants de fuite des diodes et en améliorant sa fiabilité globale.

A cet effet, l'invention concerne tout d'abord un dispositif (10) de redressement synchrone du type pont en H alimentant une bobine (5) d'une phase d'une machine synchrone, comportant quatre interrupteurs (21, 31, 22, 32) disposés sur les liaisons
10 électriques (11, 12) de ce pont en H et destinés à être commandés par un circuit électronique (40), caractérisé par le fait que chaque interrupteur comporte au moins un transistor (T1) commandé en diode ou non par le circuit électronique (40) selon que l'intensité I du courant traversant la bobine dépasse ou non un seuil S
15 prédéterminé.

En supprimant les diodes, on évite la perte d'énergie due à leur courant de fuite, ce qui contribue à une première amélioration du rendement global de la machine synchrone.
20

De préférence, chaque interrupteur est constitué d'un certain nombre de transistors en parallèle, ledit nombre étant déterminé par la puissance à débiter dans l'interrupteur.

L'optimisation du nombre de transistors en fonction de la puissance améliore encore le rendement global de la machine. Plus qu'une amélioration de sa fiabilité, grâce à la redondance des transistors ainsi obtenue par leur mise en parallèle, on améliore
25 même sa sécurité de fonctionnement.

Notamment, les nombres de transistors opérationnels dans les interrupteurs peuvent être choisis par le circuit électronique lui-même pour améliorer le rendement de la machine synchrone dans les modes moteur ou générateur de son fonctionnement.
30

Avantageusement, les transistors sont tous identiques, ce qui est moins coûteux pour la fabrication industrielle de la machine.
35

Avantageusement encore, les transistors sont des MOS.

5 L'invention concerne aussi une machine électrique synchrone polyphasée, avec par phase une bobine alimentée, par une alimentation continue, sous le contrôle d'un dispositif de redressement synchrone du type ci-dessus comportant quatre interrupteurs commandés par un circuit électronique, machine caractérisée par le fait que le circuit électronique est agencé pour commander les quatre interrupteurs par paires distinctes, chaque paire étant constituée de deux des quatre interrupteurs, toujours choisis en série avec ladite bobine, toutes les paires étant alternativement
10 commandées soit pour alimenter la bobine en courant direct ou inverse, soit pour restituer l'énergie y emmagasinée.

15 En utilisant un dispositif de redressement synchrone du type vu précédemment, on améliore le rendement de la machine jusqu'à 95%.

En inversant alternativement les rôles des paires d'interrupteurs, on banalise les fonctions desdits interrupteurs et on y équilibre les pertes dans le temps, ce qui améliore la fiabilité du pont en H, donc de la machine synchrone.

20 De préférence, un capteur de courant étant prévu sur le circuit de la bobine, le circuit électronique est agencé pour commander une paire d'interrupteurs en mode synchrone si le courant dans la bobine est supérieur en valeur absolue a un seuil prédéterminé, sinon en mode asynchrone, les transistors concernés n'intervenant alors que par leur diode interne, les deux autres interrupteurs étant commandés
25 fermés.

Avantageusement, le circuit électronique de commande des interrupteurs est agencé pour décaler les commandes desdits interrupteurs dans le temps lors du changement de mode pour éviter la mise en court circuit de l'alimentation continue.

30 De préférence encore, la machine synchrone comporte sur son rotor un capteur de position du rotor relié au circuit électronique, et le circuit électronique est agencé pour commander la machine synchrone polyphasée en fonction de la position du rotor selon un mode moteur ou un mode générateur, conformément à une information
35 d'utilisation délivrée par le calculateur moteur d'un véhicule automobile.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante d'une forme préférée de réalisation du dispositif de redressement synchrone et de la machine électrique synchrone équipée du dispositif de redressement synchrone selon l'invention, en référence au dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 représente un schéma par blocs fonctionnels d'une machine électrique synchrone ordinaire,
- la figure 2 est le même schéma pour une machine électrique synchrone équipé de son dispositif de redressement synchrone conforme à l'invention,
- la figure 3 est un schéma électrique d'un interrupteur électronique entrant dans la réalisation du dispositif de redressement synchrone selon l'invention,
- la figure 4 est un chronogramme de fonctionnement du dispositif de redressement synchrone selon l'invention,
- la figure 5 est un chronogramme de fonctionnement du même dispositif mis en œuvre dans la machine électrique synchrone selon l'invention, et
- la figure 6 est un chronogramme de la commande des interrupteurs pour éviter la mise en court circuit de l'alimentation continue.

En référence à la figure 2, la machine électrique synchrone polyphasée comporte tous les éléments de la machine de la figure 1 vus plus haut : une batterie 20, un filtre 30, un dispositif de redressement synchrone, ici un pont en H 10, un circuit électronique 40, ici un circuit logique programmable, un moteur 50 délimité par une ligne fermée discontinue avec un rotor 1 tournant autour d'un axe 2 et un stator 3 comportant des pôles 4 et des bobines 5 dont les bornes relient les points milieux 13 et 14 des ponts en H 10 correspondants, dont un seul est représenté sur les figures 1 et 2.

En plus, la machine comporte sur chaque bobine 5 un capteur de courant 45 délivrant une information sur le courant I circulant dans la bobine, indiquant la valeur et le sens du courant, et aussi si le courant I est, en valeur absolue, plus petit ou plus grand qu'un seuil prédéterminé S .

Enfin, le circuit logique programmable 40 reçoit une information θ sur la position angulaire du rotor 1 sur son axe 2, délivrée par un capteur angulaire 42, et des informations M provenant du calculateur moteur du véhicule (non représenté).

En fonction de ces informations, le circuit logique programmable 40 commande le pont en H 10 par des liaisons électriques 41 agissant sur les quatre interrupteurs 21, 22, 31, 32.

5

Les quatre interrupteurs sont tous structurellement identiques. Un interrupteur 21, 22, 31, 32, comporte, en référence à la figure 3, n transistors T1, ..., Tn identiques mis en parallèles entre leur entrée 27, 28, 37, 38 et leur sortie 25, 26, 35, 36. On peut par exemple choisir n de 3 à 5, ou plus, les transistors d'un interrupteur pouvant être
10 commandés simultanément par une commande unique 41 ou séparément par des commandes 411 à 41n, le nombre des transistors à commander étant optimisé suivant les modes de fonctionnement de la machine et la puissance à transmettre.

Comme transistors, on peut choisir des MOS.

15

Les commandes des interrupteurs vont maintenant être expliquées.

En référence aux figures 2 et 4, lors d'une alternance A1, les quatre interrupteurs 21, 31, 22, 32 du pont en H 10 étant respectivement désignés par les repères habituels MHS, DLS, DHS, MLS (comme MOS High / Low Side et Diode High / Low Side, malgré l'absence de diodes et la banalisation des fonctions des interrupteurs), sont
20 commandés selon N phases, ici, dans l'exemple, N étant égal à six phases $\phi 1$ à $\phi 6$ successives :

25 $\phi 1$: MHS et MLS commandés fermés, DHS et DLS commandés en diode,
 $\phi 2$: MHS et DHS commandés fermés, MLS et DLS commandés en diode,
 $\phi 3$: MHS et MLS commandés fermés, DHS et DLS commandés en diode,
 $\phi 4$: DLS et MLS commandés fermés, MHS et DHS commandés en diode,
 $\phi 5$: MHS et MLS commandés fermés, DHS et DLS commandés en diode,
 30 $\phi 6$: DHS et DLS commandés fermés, MHS et MLS commandés en diode.

Les interrupteurs sont dits être commandés en diode si les transistors sont commandés pour simuler un comportement de diode, de la façon qui sera expliquée plus loin.

35

On voit que les quatre interrupteurs sont commandés par le circuit logique programmable 40 par paires distinctes, chaque paire étant constituée de deux interrupteurs en série avec la bobine 5.

5 Les premières et dernières phases de l'alternance A1, ici $\phi 1$ et $\phi 6$, sont elles-mêmes décomposées en deux sous-phases M1 et M2 correspondant à deux modes de fonctionnement différents. Si le courant I dans la bobine 5 est supérieur en valeur absolue au seuil S, alors les interrupteurs sont commandés en diode comme on vient de le voir, en mode synchrone.

10

Sinon, le seuil S n'étant pas atteint par le courant I dans la bobine, les interrupteurs DHS et DLS ne sont plus commandés, les transistors concernés n'intervenant naturellement que par leur diode interne, en mode asynchrone.

15

Le franchissement du seuil S par le courant I ne peut être effectué sans un dispositif expliqué par la suite sous peine de court circuit de l'alimentation (phénomène connu sous l'appellation anglo-saxonne « cross-conduction »).

20

En référence à la figure 5, lors de l'alternance suivante A2, les quatre interrupteurs 21, 31, 22, 32 sont commandés selon les N phases, ici six phases $\phi 1'$ à $\phi 6'$, symétriques des précédentes, successivement :

25

$\phi 1'$: DHS et DLS commandés fermés, MHS et MLS commandés en diode,
 $\phi 2'$: DHS et MHS commandés fermés, DLS et MLS commandés en diode,
 $\phi 3'$: DLS et DHS commandés fermés, MLS et MHS commandés en diode,
 $\phi 4'$: DLS et MLS commandés fermés, MHS et DHS commandés en diode,
 $\phi 5'$: DHS et DLS commandés fermés, MHS et MLS commandés en diode,
 $\phi 6'$: MHS et MLS commandés fermés, DHS et DLS commandés en diode.

30

De la même façon que précédemment, les premières et dernières phases $\phi 1'$ et $\phi 6'$ de l'alternance sont décomposées en deux sous-phases M1' et M2' correspondant aux deux modes de fonctionnement synchrone et asynchrone du pont en H.

35

Les quatre interrupteurs 21, 22, 31, 32 sont donc commandés par le circuit logique programmable 40 par paires distinctes, chaque paire étant constituée de deux des

quatre interrupteurs, toujours choisis en série avec la bobine 5, et selon des alternances successives A1, A2 au cours desquelles le circuit logique programmable 40 commande alternativement toutes les paires soit pour alimenter la bobine en courant direct ou inverse, soit pour restituer l'énergie y emmagasinée.

5

Le circuit logique programmable 40 commande les transistors « en diode » de la façon suivante : à partir de l'information sur la valeur du courant I délivré par le capteur 45, il commande le blocage du transistor seulement si ce courant est dans un sens déterminé, le sens passant de la diode simulée, sinon il commande le transistor pour le fermer, c'est-à-dire le rendre passant mais en même temps établir un courant I dans la bobine à une valeur qui s'établirait conformément à la caractéristique de la diode simulée si elle agissait en redressement asynchrone.

10

Comme deux transistors d'une même liaison ne peuvent être rendus passant simultanément sans mettre l'alimentation 20 en court circuit, notamment lors du changement de mode durant les phases $\phi 1$, $\phi 6$, $\phi 1'$, $\phi 6'$ ci-dessus, le circuit logique programmable 40 est agencé pour éviter ce court circuit dit de cross- conduction en commandant les interrupteurs MHS et DLS concernés de façon décalée dans le temps d'une durée Δt comme montré sur la figure 6.

15

20

La durée Δt choisie est au moins égal au temps d'établissement des niveaux logiques dans les transistors de ces interrupteurs.

L'information θ issue du capteur de position angulaire 42 du rotor et l'information M venant du calculateur moteur permettent au circuit logique programmable 40 de commander la machine synchrone polyphasée

25

- d'une part en mode moteur en optimisant le nombre N de phases ϕ_i nécessaires en fonction de la vitesse du rotor 1 et en déterminant le nombre n des transistors à rendre opérationnels dans chaque interrupteur de chaque pont en H. 5 pour optimiser le rendement en fonction de la puissance à transmettre, ou
- d'autre part en mode générateur, y déterminant également le nombre n, en fonction de la recharge de l'alimentation continue 20 pour optimiser cette recharge.

30

Ainsi les nombres n de transistors opérationnels dans les liaisons sont choisis par le

35

circuit logique programmable 40 pour améliorer le rendement de la machine synchrone dans les deux modes de fonctionnement, moteur et générateur.

REVENDICATIONS

1. – Dispositif (10) de redressement synchrone du type pont en H alimentant une bobine (5) d'une phase d'une machine synchrone, comportant quatre interrupteurs (21, 31, 22, 32) disposés sur les liaisons électriques (11, 12) de ce pont en H et destinés à être commandés par un circuit électronique (40), caractérisé par le fait que chaque interrupteur comporte au moins un transistor (T1) commandé en diode ou non par le circuit électronique (40) selon que l'intensité I du courant traversant la bobine dépasse ou non un seuil S prédéterminé.
2. – Dispositif selon la revendication 1, dans lequel chaque interrupteur est constitué d'un certain nombre (n) de transistors (T1, ..., Tn) en parallèle, ledit nombre étant déterminé par la puissance à y dissiper.
3. – Dispositif selon la revendication 2, dans lequel les nombres (n) de transistors opérationnels dans les interrupteurs sont choisis de 3 à 5.
4. – Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les transistors (T1, ..., Tn) sont tous identiques.
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les transistors sont des MOS.
6. – Machine électrique synchrone polyphasée (10, 20, 30, 40, 50), avec par phase une bobine (5) alimentée, par une alimentation continue (20), sous le contrôle d'un dispositif (10) de redressement synchrone selon l'une des revendications 1 à 4, comportant quatre interrupteurs (21, 31, 22, 32) commandés par un circuit électronique (40), et caractérisée par le fait que le circuit électronique (40) est agencé pour commander les quatre interrupteurs (21, 31, 22, 32) par paires distinctes, chaque paire étant constituée de deux des quatre interrupteurs, toujours choisis en série avec la bobine (5), toutes les paires étant alternativement commandées ($\phi 1, \dots, \phi 6'$; $\phi 1, \dots, \phi 6'$), soit pour alimenter la bobine (5) en courant (I) direct (A1) ou inverse (A2), soit pour restituer l'énergie y emmagasinée.
7. – Machine selon la revendication 6, dans laquelle, un capteur (45) de courant (1)

étant prévu sur le circuit de la bobine (5), le circuit électronique (40) est agencé pour commander une paire d'interrupteurs en mode synchrone (M2, M2') si le courant (I) dans la bobine (5) est supérieur en valeur absolue à un seuil (S) prédéterminé, sinon en mode asynchrone (M1, M1'), les transistors concernés n'intervenant alors que par leur diode interne, les deux autres interrupteurs étant commandés fermés.

8- Machine selon la revendication 7, dans laquelle le circuit électronique (40) de commande des interrupteurs est agencé pour décaler (Δt) les commandes desdits interrupteurs dans le temps lors du changement de mode (M1, M2 ; M1', M2') pour éviter la mise en court circuit de l'alimentation continue (20).

9- Machine selon l'une des revendications 6 à 8, comportant sur son rotor (1) un capteur de position angulaire (42) du rotor (1) relié au circuit électronique (40), caractérisée par le fait que le circuit électronique (40) est agencé pour commander la machine synchrone polyphasée en fonction de la position (θ) du rotor selon un mode moteur ou un mode générateur, conformément à une information d'utilisation (M) délivrée par le calculateur moteur d'un véhicule automobile.

ABREGE

L'invention porte sur un dispositif (10) de redressement synchrone du type pont en H alimentant une bobine (5) d'une phase d'une machine synchrone, comportant quatre interrupteurs (21, 31, 22, 32) disposés sur les liaisons électriques (11, 12) de ce pont en H et destinés à être commandés par un circuit électronique (40), caractérisé par le fait que chaque interrupteur comporte au moins un transistor (T1) commandé par le circuit électronique (40).

Figure 2.

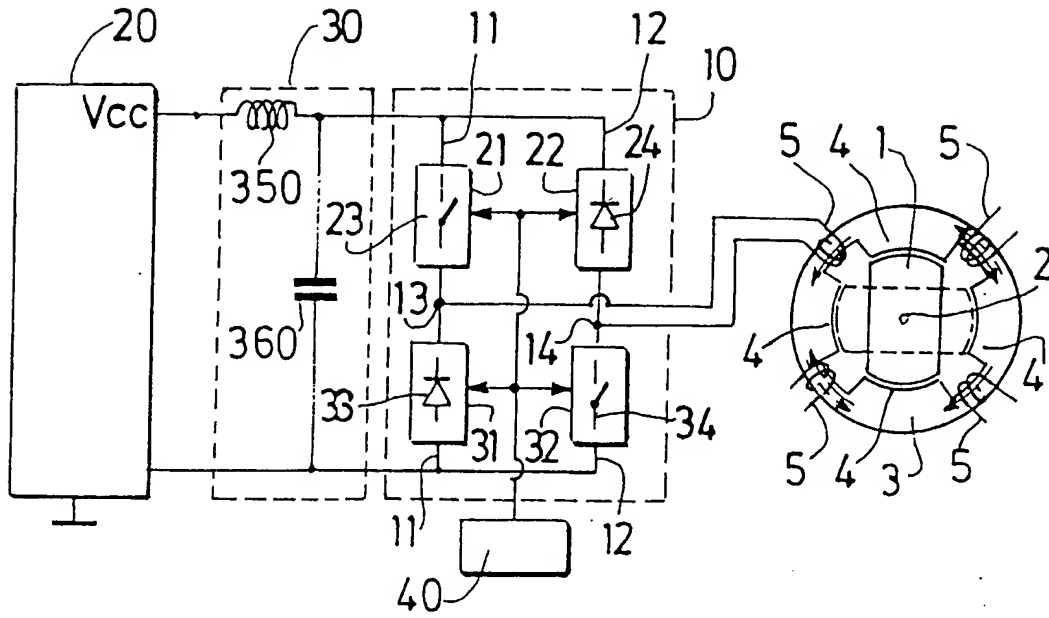


FIG.1

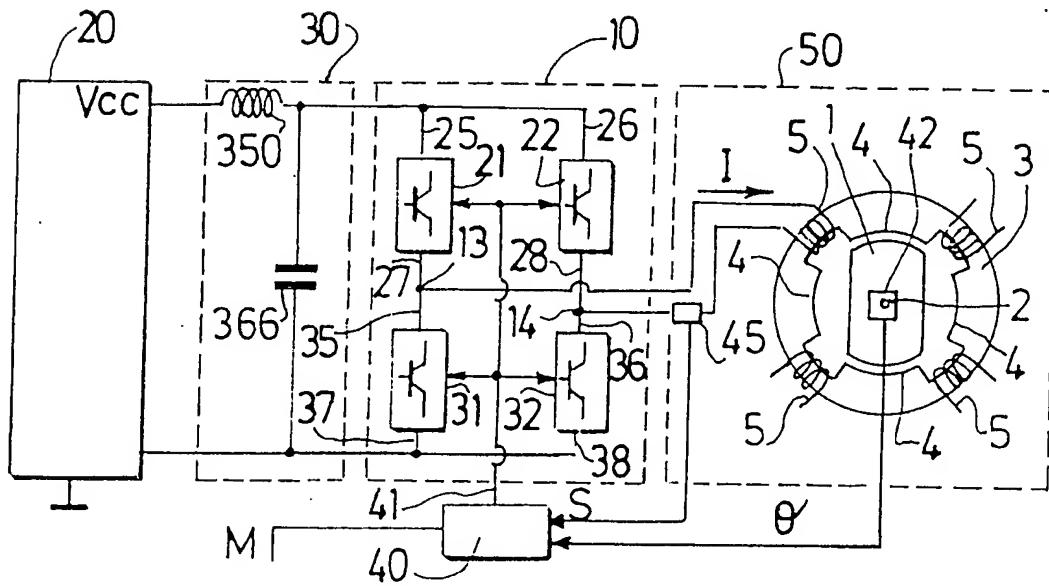


FIG.2

2/4

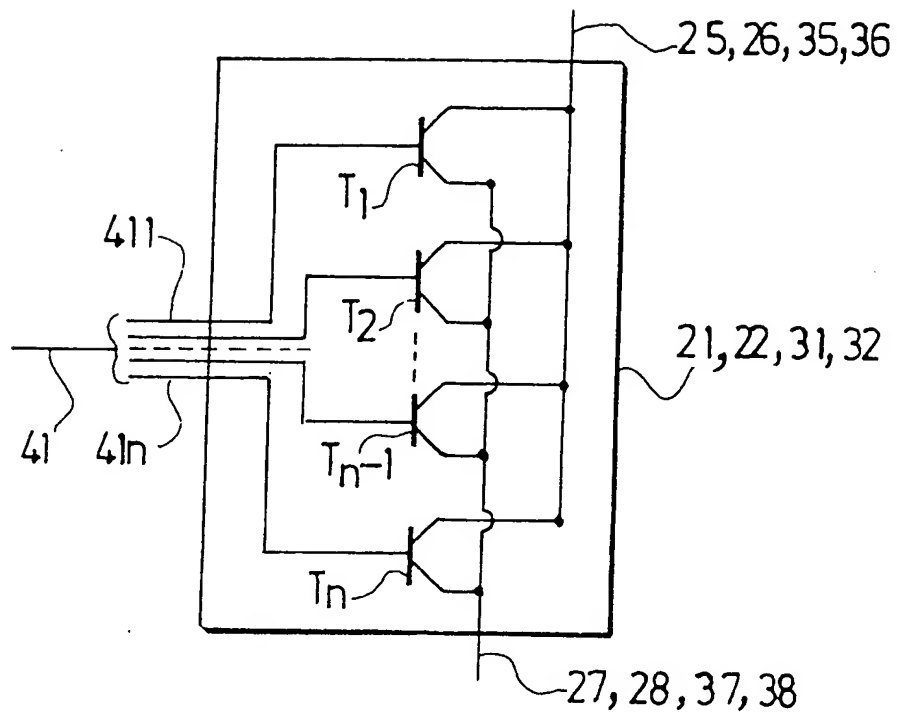


FIG.3

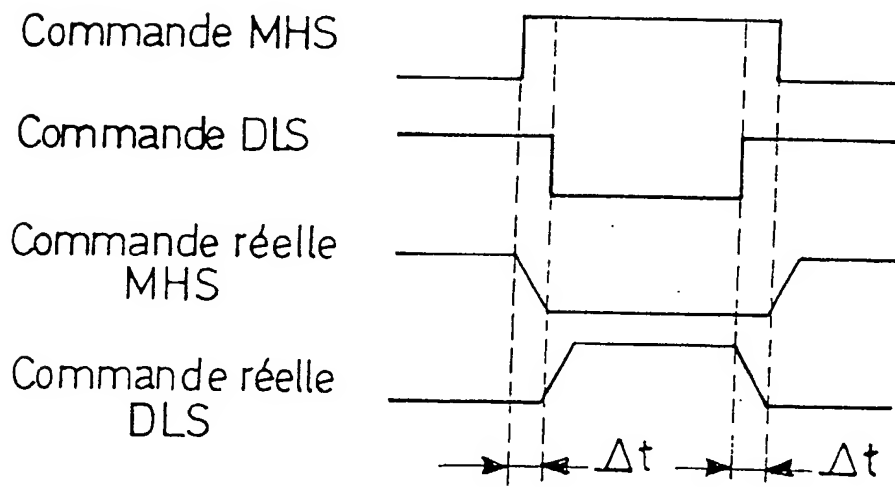


FIG.6

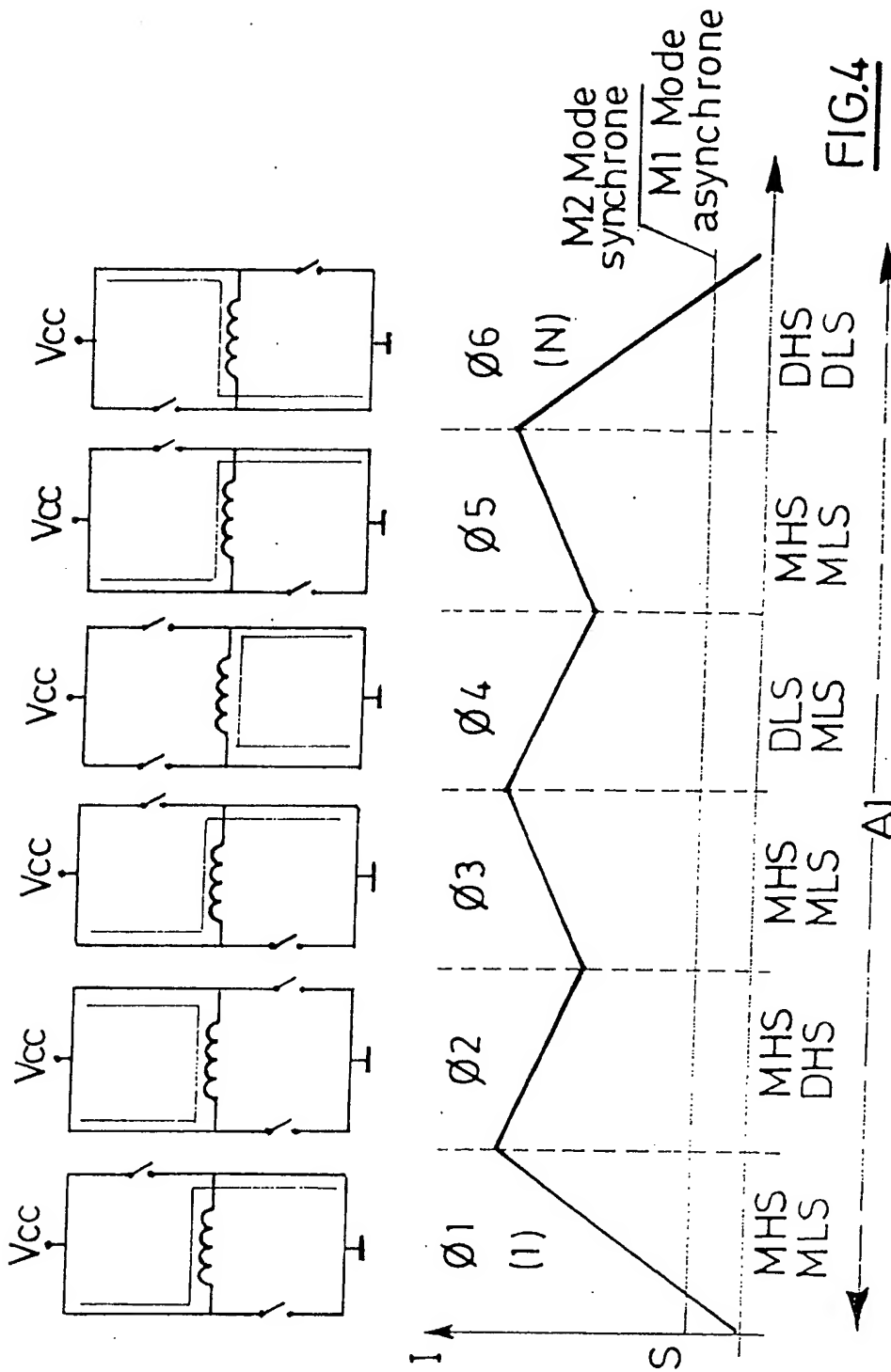


FIG.4

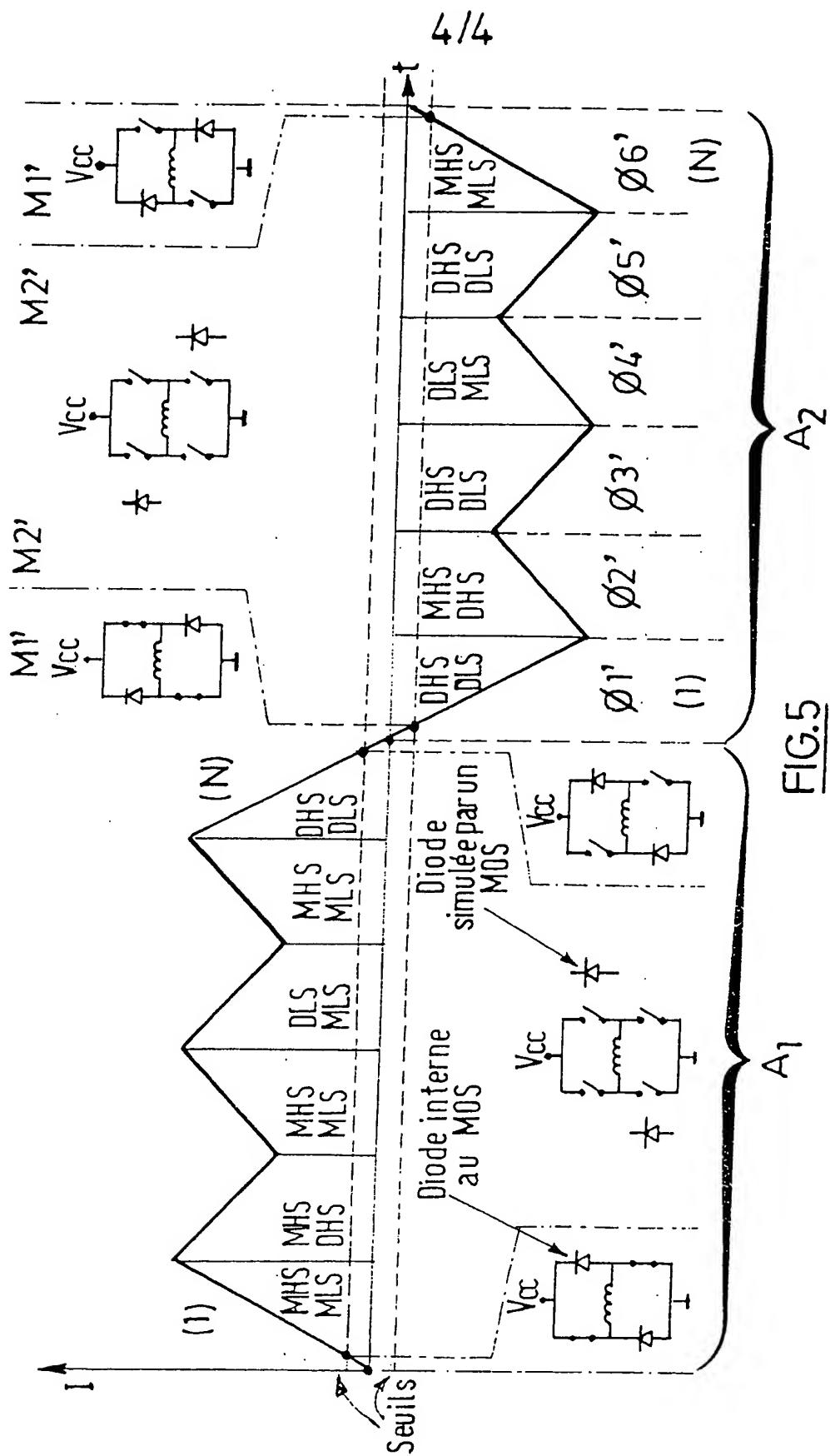


FIG.5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.